

УДК 631.879.42

UDC 631.879.42

ВЛИЯНИЕ СЛОЖНОГО КОМПОСТА НА СВОЙСТВА ПОЧВЫ И РАСШИРЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ НИШ В АГРОЛАНДШАФТЕ**INFLUENCE OF THE COMPOUND COMPOSTS ON SOIL PROPERTIES AND EXTENSION OF ECOLOGICAL NICHE IN AGRO-LANDSCAPES**

Белюченко Иван Степанович
д.б.н., профессор
ФГБОУ «Кубанский государственный аграрный университет», Краснодар, Россия

Belyuchenko Ivan Stepanovich
Dr.Biol.Sci., professor
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Оптимальное сочетание количественных и качественных соотношений структур органических и минеральных отходов различных производств обеспечивают формирование сложных компостов, улучшающих при внесении в верхний слой почвы её физические, химические и биологические свойства, позволяющего экономно расходовать макро- и микроэлементы, органические вещества, расширять экологические ниши системы, обеспечивать развитие их эколого-трофических групп микроорганизмов

The optimum combination of quantitative and qualitative relationships between structures of organic and mineral wastes of various industries provides the formation of compound composts, which improves its physical, chemical and biological properties of the soil, helps conserve macro- and micronutrients, organic matter, enhance ecological niches system, to ensure the development of ecological trophic groups of microorganisms

Ключевые слова: СЛОЖНЫЙ КОМПОСТ, МИКРООРГАНИЗМЫ, ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ НИШИ

Keywords: COMPOUND COMPOST, MICROORGANISMS, PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SOIL, ECOLOGICAL NICHE

Сложные компосты, предназначенные для рекультивации почв и представляющие собой искусственно созданные комплексные смеси разнообразных отходов, определяют обогащение верхнего слоя почвы органическими и минеральными дисперсными и коллоидными системами и совершенствуют его экологические функции, что является важным направлением в развитии практической экологии и земледелия.

Одним из важных этапов создания сложных компостов является подбор для этих целей основных видов отходов – от 3-4 до 8-10 и больше. От того, насколько удачно будут учтены особенности сопряжения в целом тех или иных отходов, определится успешность выполнения поставленной задачи. Весьма ответственным этапом в подготовке сложных компостов является развитие их микробных сообществ. В сложном компосте биологическую основу его развития определяет именно поведение прокариотных сообществ, а физико-химическую – комбинирование обменных реакций органических и химических соединений, выделение ППК общего компо-

ста, а также другие формы комбинаторных процессов [5, 7, 14]. В настоящей статье рассмотрим состояние верхнего слоя почвы и проблемы развития микробных сообществ, а также их влияние на изменение физических и химических основ сложного компоста.

Методика исследований. Формирование сложных компостов заключается в развитии микробиологических процессов по разложению органических веществ, активизации ферментов и соединений минеральных и органических коллоидов, а также в формировании в их структуре в основном небольших агрегатов размером до 2,0 мм. Создаются новые круговороты биогенов и усиливается дыхание субстрата сложного компоста, что в теплый период года ускоряет его развитие. Приведем пример сравнительной численности микроорганизмов при компостировании полуперепревшего навоза КРС и сложного компоста, включающего навоз КРС, фосфогипс, смёт с фермы, содержащие отходы, силоса, сена, корнеплодов, половину злаков и других продуктов.

Анализ навоза и сложного компоста проводился каждые 10 дней, считая от начала их смешивания. Численность микроорганизмов определяли методом посева разведений навоза и сложного компоста на плотные и жидкие питательные среды (МПА, КАА, ГА Виноградского, Чапека). Посевы инкубировали при 24 и 30°C. Изучение таксономического состава проводилось с использованием определителей по установленным морфологическим и физиолого-биохимическим признакам изолированных колоний. Данные по общей численности микроорганизмов выражали в КОЕ/г. Идентификация культур проводилась общепринятыми методами (Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, 1984; Определитель бактерий Берджи; 1997). Идентификацию микромицетов осуществляли с помощью определителей отечественных и зарубежных авторов (Литвинов, 1967; Билай, 1977; Кириленко, 1977; Pitt, 1988).

Результаты исследований. Влияние сложного компоста на верхний слой почвы. Внесение сложного компоста существенно регулирует агрофизические свойства почвы через заметное изменение её плотности, полевой влажности, пористости и других свойств (табл. 1.).

Таблица 1. Влияние внесения сложного компоста на агрофизические свойства почвы
на полях с озимой пшеницей (апрель 2012 г.)

Вариант	Полевая влажность, %	Плотность почвы, г/см ³	Плотность твердой фазы почвы, г/см ³	Полная влажность	Пористость	Коэффициент структурности
Контроль	28,04±0,61	1,20±0,02	2,25±0,05	0,49±0,02	0,40±0,02	2,30±0,29
Полуперепревший навоз	29,31±0,79	1,16±0,02	2,15±0,08	0,45±0,02	0,45±0,02	2,55±0,32
Сложный компост	31,13±0,34	1,02±0,01	2,02±0,07	0,53±0,03	0,52±0,03	2,98±0,39

Анализ агрофизического состояния почвы на полях озимой пшеницы при различных вариантах исследований показал, что внесение сложного компоста заметно повышает полевую влажность верхнего слоя почвы, понижает показатели плотности почвы примерно на 6-10%, ослабляет плотность твердой фазы почвы (на 5-6 г/см³), повышает её пористость и коэффициент структурности, что вызывает улучшение физических свойств верхнего слоя почвы [1, 2, 3, 6].

Изучение различных вариантов внесения минеральных и органических удобрений показало, что внесение сложного компоста увеличило содержание органического вещества на 10-12%, общего азота на 7-11%, аммонийного азота на 5-6%, нитратного азота на 4-6%. Внесение навоза и отдельно сложного компоста существенно увеличило в почве содержание

фосфора (табл. 2). Общая оценка химических свойств почвы при внесении по отдельности органических удобрений и сложных компостов показала заметное увеличение содержания фосфора [2, 3, 6].

Таблица 2. Влияние внесения сложного компоста на агрохимические свойства почвы на полях с озимой пшеницей (апрель 2012 г.)

Вариант	Органическое вещество, %	N _{общ.} , %	NH ₄ ⁺ , мг/кг	NO ₃ ⁻ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг
Контроль	4,21±0,13	0,21±0,01	5,06±0,17	28,34±3,11	26,56±4,35
Полуперепревший навоз	4,78±0,09	0,23±0,01	5,30±0,19	29,78±4,03	37,64±5,35
Сложный компост	4,90±0,08	0,26±0,01	5,53±0,20	32,12±4,31	59,14±6,91

Улучшение агрофизических и агрохимических характеристик верхнего слоя почвы с внесением сложного компоста в посевах озимой пшеницы (5-кратная повторность) благоприятно отразилось на её развитии (табл. 3).

Таблица 3. Влияние внесения сложного компоста на развитие растений озимой пшеницы в фазу созревания (середина июня 2012 г.)

Вариант	Количество побегов, шт. / 110 см	Количество колосков в колосе, шт.	Количество продуктивных побегов, шт./ 110 см	Количество зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, ц/га
Контроль	57,00±3,23	17,30±0,24	2,51±0,14	37,63±2,68	38,09±1,27	46,90
Полуперепревший навоз	65,00±3,45	18,34±0,21	2,61±0,14	42,03±2,62	40,57±0,58	50,50
Сложный компост	76,00±4,11	19,32±0,22	3,04±0,19	43,89±1,28	42,77±0,78	55,80

Сообщества живых организмов при внесении в почву сложного компоста способны занять места в ризосфере и ризоплане формирующихся растений. Взаимоотношения между растениями и почвенными условиями при внесении сложного компоста является одной из наиболее актуальных проблем почвенной и сельскохозяйственной экологии давно привлекающих внимание учёных [14, 15, 16]. Например, изучение микромицетов под посевами озимой пшеницы представляет большой интерес в изучении взаимодействия высших растений и развитие почвы при насыщении этой культурой севооборота. Большинство исследователей, изучавших микрофлору почв, основное внимание уделяют бактериям в консорциях этой культуры и их видовому составу. Грибные виды относительно мало исследованы, хотя микромицеты играют важную роль в микробиологических процессах, как в формировании и развитии сложного компоста, так и в почвообразовании [10, 11, 12].

Случаи почвоутомления, как следствие токсикоза почвы при частом выращивании одной культуры (например, картофеля, подсолнечника и т.д.), связаны с накоплением в субстрате грибов-токсинообразователей, относящихся к сапротрофам. Почвенные микроскопические грибы образуют микотоксины, представляющие серьезную опасность для живых организмов, включая и человека. На развитие растений и микроорганизмов положительно влияют минеральные вещества, витамины, фитонциды, ферменты и другие биологически активные соединения [4, 9, 10].

Особо угнетающую роль в развитии растений играют микроскопические грибы, вызывающие замедление роста через выделение различных фитогормонов, которые в низких концентрациях в почве оказывают влияние на регуляцию роста и другие функции метаболизма. Сюда относится этилен, производимый некоторыми грибами, в частности дрожжевыми. Микроскопические грибы, как источники углерода, являются основными продуцентами в почве этилена на средах с гуминовыми и фульвокислота-

ми. Микроскопические сапротрофы способны выделять также другие газообразные вещества, оказывающие токсическое воздействие на растения. Токсичность грибов для растений сказывается также и в задержке прорастания семян. Отдельные грибы и бактерии выделяют ауксины, продуцентов которых в первую очередь выступает азотобактер, вызывающий у растений снижение роста. Некоторые микоризообразующие грибы и коринеподобные бактерии выделяют фитогормоны и цитокинины, задерживающие старение клеток и выступающие в качестве регуляторов роста [5, 7, 8, 10, 12].

В сложных компостах формируются сообщества микроорганизмов с самыми разными функциями. В отходах производства (особенно химических) многие живые организмы не способны обеспечивать изначально систему устойчивости и равновесия, и первичные их сообщества разрознены и не взаимосвязаны. Например, на 10-й день смешивания отходов различные эколого-трофические группы микроорганизмов широко расходились по популяциям и заметно сближались примерно через месяц их развития. Особенно это касалось формирования сложных компостов в весенне-летний период в результате деятельности аммонифицирующих, амилолитических и олиготрофных микроорганизмов, характеризующихся сходством питания. Существенно эти группы организмов различались в сложных компостах по сравнению с вариантами влияния удобрений и минеральных подкормок.

При смешивании различных отходов по истечении 10-14 дней развития организмы довольно быстро объединяются в функциональные группы по использованию в качестве ресурса органического вещества и его трансформации в гумус (глинисто-гумусовый комплекс), а также в органические кислоты, аминокислоты, ферменты и другие соединения [1, 5, 6, 7].

Живые организмы в сложном компосте в начальный период его формирования различаются по видовому и популяционному составу и варьи-

руют по плотности распределения таксонов: одни из них могут разрушать органическое вещество, а другие, наоборот, его стабилизировать. В биомассе сложного компоста доля микроорганизмов в составе органического вещества доходит до весьма значительных величин, что существенно удлиняет в системе круговорот углерода и азота. Так, в сложном компосте, включающем полуперепревший навоз КРС, свиной навоз, фосфогипс, куриный помет с добавлением соломы ячменя, отходов кормления и очистки зерна, а также лузги подсолнечника и остатков сахарной свёклы, общая численность микроорганизмов на 30-й день после его смешивания составила свыше 240 млн клеток, а с одним полуперепревшим навозом КРС – до 107 млн клеток [16, 17].

Живые организмы в сложном компосте (бактерии, грибы, одноклеточные водоросли, актиномицеты и др.) условно можно разделить на активные и неактивные, из которых наиболее активная группа составляет примерно 15%. В случае высокой доли в формируемом компосте глинистой фракции активность микроорганизмов усиливается и продолжительность их развития существенно удлиняется. Таковы, например, результаты подсчета микробных клеток в случае внесения фосфогипса и свиного навоза по сравнению с вариантом внесения одного навоза [13, 14, 25].

Продуманная компоновка различных отходов в сложном компосте (например, щелочная среда свиного навоза и кислая реакция фосфогипса) выравнивает реакцию среды сложного комплекса на основе химической реакции нейтрализации в целом всей подобранной смеси. Формирование специфических микробоценозов идет за счет использования подщелачивающих органических составляющих – навоза КРС и свиной (подстилочного и жидкого), куриного помета, осадков сточных вод, дефеката, послеуборочных растительных остатков и других отходов, а также существенно подкисляющих минеральных субстратов – фосфогипса, отходов калийных удобрений и т.д. В сложных компостах одни группы живых организмов

для своего развития используют выделения других групп – различные органические биологически активные вещества: аминокислоты, витамины, ферменты, а также подвижные минеральные элементы, как азот, фосфор, сера и др. [10, 25]

Бактериальные и грибные системы в сложном компосте в процессе его развития, а также растительные и микробные системы в почве весьма активно взаимодействуют. Так, сохранение семян растений, спор микроорганизмов, активность покоящихся почек и другие процессы определяются в сложных компостах конкретными температурными, водными, воздушными и пищевыми характеристиками. При внесении сложного компоста в почву его влияние на эти процессы в жизни растений осуществляются через почвенные микроорганизмы и выделяемые ими метаболиты. Такие зависимости проявляются в процессе анализа особенностей развития консорциев в растительных сообществах. Именно детерминант определяет в основном систему высших и низших живых организмов, фитопатогенных грибов, симбиотических и ризосферных микроорганизмов, формирующих консорции. Микотрофные организмы сложного компоста способны к широкой адаптации, и нередко отмечаются корреляции между их составом, развитием растений и микоризой почвы с её водно-воздушным режимом и наличием питательных веществ [10, 11, 12].

Сложный компост и экологические ниши почвенного покрова. При формировании сложного компоста с поступлением в его структуру свежих растительных остатков или минеральных отходов (типа мела, фосфогипса и др.) микроорганизмы и другие живые системы начинают их трансформировать с выходом всех составляющих на равновесный уровень. Этот процесс протекает особенно активно, если в отдельных участках сложного компоста включаются различные по видовому составу и экологическим функциям сообщества живых организмов, способных трансформировать поступающие в них дополнительные вещества. Чем разнообразнее набор

живых организмов в сложном компосте, тем больше его способность трансформировать поступающие в него разнообразные отходы, особенно органические. Если биохимические процессы в сложном компосте дублируются несколькими видами микроорганизмов, то их запас будет способствовать выполнению важных функций в складывающейся системе [5, 6, 9].

Основной функцией живых организмов (бактерии, грибы, актиномицеты, водоросли, почвенные животные) в сложном компосте является разрушение поступивших в него органических веществ. Именно конкретная роль отдельных организмов в трансформации веществ в сложном компосте нуждается в серьезном исследовании. В последние 20-30 лет в отходы поступают десятки специфических веществ (нефть и пластмасса, тяжелые металлы, гербициды, пыль, сажа, газовые выбросы и т.д.) и задача в организации сложных компостов состоит в таком их сочетании, которое будет способствовать созданию благоприятных условий для будущей почвы, куда эти смеси будут внесены. Трансформировать эти отходы с наименьшими затратами для нормального функционирования почвы и внесенного в неё комплекса различных веществ является важной проблемой при одновременном поступлении и выведении негативных элементов [11, 13, 17, 18].

При трансформации отдельных отходов образуются весьма опасные вещества с большой токсичностью. Чтобы не допустить такого состояния, необходимо вести постоянный мониторинг за процессами преобразования отдельных отходов, особенно их химического состава. Желательно, чтобы в группе исследователей сложных компостов были биологи и химики-органики, способные создать банк микроорганизмов и субстратов для конкретной зоны с возможными изменениями их состава и оценкой развития для предупреждения возможной опасности их для человека и животных. Важное значение имеет контроль детоксикации различных загрязнителей,

включая тяжелые металлы, нефтяные загрязнения и др. При трансформации загрязнителей роль микроорганизмов в экосистемах основная. Важная функция сложных компостов определяется работой микроорганизмов при их участии в круговороте отдельных элементов – углерода, азота, серы, фосфора и других [19, 20].

Современное предприятие должно заботиться не только о качестве получаемой продукции, но и стремиться к системному управлению отходами своей деятельности. Особенно важна переработка отходов химической промышленности и тех отраслей, которые потребляют большие количества сырья, существенно превышая по массе основной продукт. Например, фосфорперерабатывающая промышленность на одну тонну продукции, и далеко не чистой, производит до 4,5 т отходов. Несколько меньшее соотношение характерно для калийного производства [8, 17, 18].

Начиная с 90-х годов XX века многие производства обратили внимание на отходы как на вторичное сырье. Многие промышленные отходы, включая металлургию, химическое производство и т.д., сами по себе и их компоненты могут быть эффективно использованы. Можно обратить внимание на то, что, например, при вторичной эксплуатации различных шлаков и отходов подобные продукты меньше испытывают биологическое разрушение (долго не формируются колонии плесневых грибов, не поселяются лишайники и т.д.). Эти и другие свойства позволяют их использовать и для сельскохозяйственного производства: строительство силосных ям, сточных желобов для слива жидких удобрений, кормушек для скота и т.д. [14, 25].

Отходы всех производств, включая бытовые, являются гетерогенными дисперсными образованиями, состоящими из двух и большего числа фаз с развитой поверхностью. Дисперсные системы отходов, включая их истинные растворы (ионные, молекулярно-ионные и молекулярные), классифицируются на тонкодисперсные коллоидные (золи, гели) и грубодис-

персные системы (частицы больше 100 нм), взвеси (эмульсии, суспензии, аэрозоли). По равновесности и устойчивости дисперсные системы отходов делятся на лиофильные и лиофобные: первые термодинамически равновесны и высокодисперсны, формируются на основе отходов при производстве продукции из природного сырья, вторые – термодинамически неравновесны и обладают большей свободной поверхностной энергией [25]. В определенных условиях при смешивании отходов лиофильных и лиофобных систем происходит их коагуляция на основе сближения частиц, сохраняющих первоначальные формы и размеры и объединяющихся в плотные агрегаты. Нестабилизированные и неустойчивые лиофобные системы отходов непрерывно изменяют свой дисперсный состав в сторону упрочнения частиц, вплоть до полного расслоения их на микрофазы. Стабилизированные лиофильные системы сохраняют свою дисперсность в течение длительного времени [18, 22].

Гидрофобные коагуляции различных отходов отличаются расслоением весьма сложной дисперсной системы на жидкую и твердую фазы. Способность коллоидных частиц в растворе к структурообразованию и формированию разнообразных агрегатов (например, фосфогипс слипается с органическими полуперепревшими отходами КРС, свиней и другими), заполняющих весь объем раствора и приводящих к образованию агрегатных вариантов компоста. Многие сложные компосты включают органические растворы (гетерогенные или гомогенные), а также водные растворы кислотных солей, и потому весьма важно изучение идущих в них химических реакций с нарушением равновесия, указывающих на специфику их систем [18, 24].

По мере созревания сложного компоста многие вещества разных отходов вступают в контакт, и между ними происходят химические реакции с образованием новых соединений. В случае отсутствия видимого взаимодействия из веществ формируется механическая смесь, которая в дальней-

шем при изменении условий (реакция среды и др.) может трансформироваться через усиление взаимосвязей в химическую. Важное значение в этой ситуации имеют водные растворы, где идут сложные химические процессы. В растворе проявляются физические (диффузия, непостоянство состава) и химические свойства (неустойчивость соединений), а гидратационные свойства благоприятствуют появлению различных форм связанной воды [22, 23].

Коллоидные дисперсные системы отдельных отходов в сложном компосте формируют различные комбинации дисперсионной среды и дисперсной фазы. Особенности состава и их свойств придают мелкие размеры и большая поверхность коллоидных частиц. В сложном компосте при компоновке 6-8 отходов и периодическом их перемешивании чаще образуются гели, представляющие собой рыхлый осадок. В сложных компостах велика роль и золь, основу которых составляют сообщества микроорганизмов, в частности грибов и одноклеточных водорослей [24, 25].

Удачно скомпонованный сложный компост при внесении в почву насыщает её ионами кальция, недостаток которых, особенно в доступной для растений форме, ощущается практически во всех почвах. Являясь поглощающим катионом, кальций сложного компоста придает почвам структуру, наиболее благоприятную в сельскохозяйственном отношении. Он является важным компонентом почвенно-поглощающего комплекса, и на его долю приходится до 60-70% катионообменной емкости сложного компоста. Благодаря высокому насыщению обменным кальцием сложный компост обладает хорошей агрономической структурой, физическими и биологическими свойствами, что существенно повышает плодородие почвы при его внесении, и, что особенно важно, насыщение сложного компоста катионами кальция в почве поддерживается достаточно долго (по нашим исследованиям до 5-6 лет) до резкого снижения доступных форм. При этом формируются устойчивые экологические ниши, существенно

расширяющие возможности обитания в почвенном покрове микроорганизмов и усиливающие развитие растительных организмов [13, 18].

Убедительным примером улучшения развития растительных организмов и расширения экологических ниш почвы является усиление базального кущения пшеницы (на 20-25%), заключающееся в образовании дочерних побегов. Удлиняется период развития кукурузы, что выражается в формировании её базальной зоны, увеличении количества укороченных узлов и развитии в них придаточных и боковых корней. Повышается продуктивность сахарной свеклы, прежде всего масса её корнеплодов. Внесение сложных компостов способствует более экономному расходованию питательных веществ почвы, включая минеральные и органические составляющие. Иными словами, сложение различных вариантов дисперсно-коллоидных образований отдельных отходов и их благоприятная компоновка в сложном компосте сказываются на улучшении агрономических свойств почвы через существенное увеличение числа экологических ниш и их расширение, что, безусловно, требует серьезного изучения взаимоотношений растений и почвы на начальном этапе их развития [14, 24].

Разнообразие экологических ниш определяется разным использованием растениями среды обитания, размещением их органов в почве и воздухе, ритмами сезонного развития, длительностью периода вегетации, особенно плодоношения, взаимосвязями с элементами абиотической среды и т.д. Различные культуры в агроландшафте по-разному осваивают и преобразуют энергию, и потому можно сказать, что каждый вид растения имеет свою экологическую нишу; в процессе онтогенеза растения её меняют и активнее преобразуют среду. Стареющие растения снижают напряженность фитогенного поля и свою средообразующую роль, а также продукционные процессы. На обилие экологических ниш серьезное влияние оказывают условия среды, которые мы существенно улучшаем внесением комплекса соединений со сложным компостом, а также сам вид, являю-

щийся ресурсом для других [14].

В основе взаимоотношений растительного вида в агросистеме лежат его требования к комплексу абиотических и биотических условий среды, т.е. его экологическая ниша, определяющая функциональное участие вида в составе агросистемы с учетом его физического пространства и места в системе связей. Экологическая ниша отдельной культуры в севообороте зависит от того, какова её роль в преобразовании энергии и её реакции на физическую, химическую и биологическую среду, насколько сдерживается её развитие другими видами живых организмов и средовыми факторами. В наших опытах сложный компост усиливал и расширял экологическую нишу любой культуры, что нашло выражение в их развитии, особенно базальных участков. Анализируя реакцию отдельных культур в агросистеме, можно заключить, что она выразилась интегрально через варианты усиления кущения пшеницы, разрастание базальной зоны у особей кукурузы, усиление роста ботвы и корнеплодов у свеклы и т.д. Например, при снижении нормы высева пшеницы на 40 кг/га её урожай в варианте со сложным компостом не только не снизился, но и увеличился. Сокращение азотных удобрений под пшеницу на 35 кг/га также не привело к снижению урожая зерна, поскольку сложный компост обеспечил расширение экологической ниши растениям пшеницы, обеспечив их высокую продуктивность [1, 9, 11].

При внесении под кукурузу сложный компост создал высокую обеспеченность факторами питания (микроэлементы и макроэлементы, влажность и т.д.), что существенно улучшило развитие отдельных особей, повысило эффективность работы листового аппарата и корневых систем через увеличение их функциональной роли в агросистеме. Особенности структуры и состава сложного компоста в течение 5-6 лет функционально оказывают влияние на сохранение экологических ниш, интенсивность развития культур и их конкурентоспособность [10].

Внесение сложных компостов является необходимым условием биочистки почвы. Среда с нейтральной реакцией является идеальной для расширения экологических ниш живых организмов и ускорения их биочистки. Интродукция специально подобранных микроорганизмов способна создать благоприятные условия для процессов биотрансформации и разложения различных отходов. Разрабатываются анаэробные технологии переработки отходов животноводства. Полученные результаты указывают на эффективность применения биотехнологий, особенно микробиологических методов, при использовании различных отходов [8, 11, 12].

В формировании и созревании сложных компостов важная роль в поддержании их устойчивости безусловно принадлежит микроорганизмам, роль которых существенно превосходит их значение в почве. В сложных компостах уровень метаболизма микроорганизмов значительно выше, чем в других условиях среды. Большое значение имеет определение времени достижения максимума числа видов и обилия популяций микроорганизмов в сложном компосте, и через этот показатель определение сроков его внесения в почву. Значительную часть биомассы сложного компоста составляют живые организмы (бактерии, живые микроскопические грибы, водоросли, простейшие и др.), населяющие в основном почву. Степень обилия микроорганизмов в сложных компостах и отдельно в почвах определяется соотношением в них органических и минеральных материалов, в целом питательных веществ, а также водно-воздушным и физическим режимами обоих субстратов [19, 20, 21].

Степень обилия живых организмов в сложных компостах заметно превосходит их почвенный пул, поскольку количество органического вещества в нём существенно превышает таковое в почве (в 2-4 раза и больше). Микроорганизмы в почве и сложных компостах превосходят растения и животных по биогеохимической и физиологической активности, что объясняется более высокой интенсивностью метаболизма и существенным

отношением поверхности к объему (например, интенсивность дыхания аэробных бактерий на 1 г биомассы в сотни раз выше, чем у человека – в верхнем слое на 1 га плодородной почвы оно равноценно метаболизму тысяч людей). Микроорганизмы широко используют большое число элементов в структуре своего тела, для них свойственны все типы питания различными соединениями, которые недоступны высшим таксонам, у которых всего 2 типа питания [21, 24].

У микроорганизмов границы освоения жизни значительно шире, чем у высших; они способны функционировать в весьма значительных пределах температур от -13 до $+110^{\circ}\text{C}$, при осмотическом давлении от бидистиллята до концентрированных солевых растворов, при рН от 1 до 13 и т.д.; при благоприятных условиях отличаются высокой скоростью размножения и за весьма короткий срок. Численность микроорганизмов в сложном компосте по сравнению с воздухом, водой и почвой значительно выше (в 1 г сложного компоста количество клеток достигает нескольких миллиардов, а длина гиф грибов достигает тысячи метров, общая биомасса живых организмов достигает 2-3 десятка тысяч тонн в расчете на 1 га). Круговорот всех зольных элементов, а также углерода и азота проходит через всю систему сложного компоста. Отношение С:N в обогащенной почве превышает 20:1, что указывает на его значительную обеспеченность азотом. Аналогичная зависимость просматривается в хорошо рассчитанном компосте [22].

Многокомпонентный компост представляет собой хорошую среду для развития значительного числа видов живых организмов, продуцирующих ферменты, витамины и другие активные вещества. По химическим и физическим свойствам сложные компосты являются гетерогенными и многодисперсными временными системами, а по генофонду живых организмов представляют собой богатый комплексный субстрат. Гетерогенность сложных компостов характеризуется весьма широким набором организ-

мов, использующих отходы животных и выделения прорастающих семян и спор высших и низших растений [16, 17].

Живые организмы сложных компостов и почвы, использующие в качестве источника энергии и питания органический углерод, служат основным вариантом трансформации органического вещества, а их биомасса является важным источником его накопления в почве. Живые организмы переводят сложные соединения в более простые, которые частично используются повторно, но в основном через химические и физические процессы, и вместе с микробными метаболитами стабилизируют органические основы почвы [15, 16, 18].

Использование различных отходов путем разумного сочетания минеральных и органических веществ, кислотных и щелочных свойств способствует распаду токсичных соединений (например, влияние серной кислоты на распад ПАВов, нефтяных отходов, перевод ТМ в труднодоступные формы через осаждение полуторными окислами и т.д.), что усиливает самоочищающую способность почвы. Невозможность самоочищения почвы в связи с её перегрузкой поллютантами (например, тяжелыми металлами, нефтяными загрязнениями) без применения сложных компостов превращает их в техногенные пустыни. Иными словами, непродуманная Программа улучшения почв является одной из основных причин низкой эффективности предложенных мероприятий и пустой тратой времени и средств [15, 17].

В заключение хочу подчеркнуть, что в нашей стране и за рубежом находят применение биологические методы обезвреживания отходов. Компостирование является одним из примеров биологического метода утилизации отходов. В его основе лежит способность различных групп микроорганизмов в процессе своей жизнедеятельности разлагать и усваивать из сложных компостов многие органические вещества, ускоряя при этом нейтрализацию органических токсикантов, тяжелых металлов, созда-

вая запас азотных и фосфорных соединений. Процесс биодegradации происходит с заметной скоростью при оптимальной температуре и влажности субстрата. Немаловажное значение имеет также pH среды. Условия с нейтральной реакцией среды являются идеальными для биоразложения. Перемешивание смеси способствует активизации микробиологических процессов в компостах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артемьева З.С. Органические вещества и гранулометрическая система почвы. – М: ГЕОС, 2010. – 240 с.
2. Белюченко И.С. Влияние фосфогипса на трансформацию азота в черноземе обыкновенном степной зоны Кубани // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2008. – Т. 4. – №2. – С. 144-147.
3. Белюченко И.С., Добрыдннев Е.П., Муравьев Е.И. Экологические особенности фосфогипса и целесообразность его использования в сельском хозяйстве // II Всероссийская Научная конференция. – Краснодар, 2010. – С. 13-22.
4. Белюченко И.С. Экология Краснодарского края (Региональная экология): учебное пособие. - Краснодар: КубГАУ, 2010. – 354 с.
5. Белюченко И.С. Проблемы рекультивации отходов быта и производства (по материалам I Всероссийской научной Конференции по проблемам рекультивации отходов) // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2009. – Т. 5. – № 3. – С. 72-77.
6. Белюченко И.С. К вопросу о роли леса в функциональном восстановлении бассейнов степных рек края // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2010. – Т. 6. – № 3. – С. 3-16.
7. Белюченко И.С. К вопросу о механизмах управления развитием сложных компостов // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2012. – Т. 8. – № 3. – С. 88-113.
8. Белюченко И.С. Экологические проблемы степной зоны Кубани, причины их возникновения и пути решения // Экол. Вестник Сев. Кавказа. - 2011. – Т. 7. – №3. – С. 47-64.
9. Белюченко И.С. К вопросу о формировании и свойствах органоминеральных компостов и реакции растений кукурузы на их внесение // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2011. – Т. 7. - № 4. – С. 65-74.
10. Белюченко И.С. Сложный компост и его роль в улучшении почв // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2012. – Т. 8. - № 2. – С. 75-86.
11. Белюченко И.С. Применение органических и минеральных отходов для подготовки сложных компостов с целью повышения плодородия почв // Тр. / КубГАУ. - Краснодар, 2012. -№ 39. -С. 63-68.
12. Белюченко И.С. Дисперсные и коллоидные системы отходов и их коагуляционные свойства // Экол. Вестник Сев. Кавказа. - 2013. - Т. 9. - № 1. - С. 13-38.
13. Белюченко И.С. Применение органических и минеральных отходов при подготовке сложных компостов для повышения плодородия почв // Тр. Международной Конференции «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства». - Краснодар, 2013. - С. 26-30.
14. Белюченко И.С. Сложные компосты как источник расширения экологических ниш культурных растений в системе почвенного покрова // Тр. Международной Кон-

ференции «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства». – Краснодар, 2013. – С. 12-14.

15. Возняковская Ю.М., Попова Ж.П., Петрова Л.Г. Сидеральные удобрения – регуляторы почвенно-микробиологических процессов в условиях почвоутомления // Докл. ВАСХНИЛ. – 1988. – № 2. – С. 6-9.

16. Волошина Г.В. Влияние фосфогипса на микробоценоз под посевами кукурузы // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2011. – Т. 7. – № 4. – С. 59-64.

17. Волошина Г.В. Влияние фосфогипса на развитие актиномицетного комплекса чернозема обыкновенного // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2010. – Т. 6. – № 2. – С. 83-87.

18. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы. – М.: Наука, 2000. – 185 с.

19. Кураков А.В., Белюченко И.С. Микроскопические грибы почвы, ризосферы и ризопланы хлопчатника и тропических злаков, интродуцированных на юге Таджикистана // Микробиология. – 1994. – Вып. 6. – С. 97-104.

20. Кураков А.В., Белюченко И.С. Микобиота филлосферы злаков тропического происхождения на юге Таджикистана // Изв. АН Тадж. ССР. Отд.биол. наук.наук. – 1990, № 2. – С. 19-27.

21. Кураков А.В., Белюченко И.С. Микроскопические грибы пастбищных и хлопковых агроценозов Южного Таджикистана / Бюл. МОИП, Отд. биол. наук. – 1990. – Т. 95. - Вып. 2. – С. 44-56.

22. Мельник О.А. Влияние внесения отходов сельскохозяйственных и промышленных производств на содержание в почве органического вещества // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2010. – Т. 6. - № 1. – С. 40-44.

23. Смагин А.В. Моделирование естественной и антропогенной динамики черноземов // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2009. – Т.5. – № 4. – С. 5-16.

24. Смагин А.В., Садовникова Н.Б. Научно-экспериментальное обоснование применения сильнонабухающих полимерных гидрогелей в технологиях рекультивации легких почв // I Всероссийская научная Конференция «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства». – Краснодар, 2009. – С. 20-283.

25. Belyuchenko I.S. Wastes of different production and their properties'in // Cien-cia e Tecnica Vitivinicola. - 2014. - Vol. 29. - № 9, - P. 37-50.

References

1. Artem'eva Z.S. Organicheskoe veshhestva i granulometricheskaja sistema pochvy. – М: GEOS, 2010. – 240 s.

2. Beljuchenko I.S. Vlijanie fosfogipsa na transformaciju azota v chernozeme obyknovennom stepnoj zony Kubani // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2008. – Т. 4. – №2. – S. 144-147.

3. Beljuchenko I.S., Dobrydnev E.P., Murav'ev E.I. Jekologicheskie osobennosti fosfogipsa i celesoobraznost' ego ispol'zovanija v sel'-skom hozjajstve // II Vserossijskaja Nauchnaja konferencija. – Krasnodar, 2010. – S. 13-22.

4. Beljuchenko I.S. Jekologija Krasnodarskogo kraja (Regional'naja jekologija): uchebnoe posobie. - Krasnodar: KubGAU, 2010. – 354 s.

5. Beljuchenko I.S. Problemy rekul'tivacii othodov byta i proizvodstva (po materialam I Vserossijskoj nauchnoj Konferencii po problemam rekul'tivacii othodov) // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2009. – Т. 5. – № 3. – S. 72-77.

6. Beljuchenko I.S. K voprosu o roli lesa v funkcional'nom vosstanovlenii bassejnov stepnyh rek kraja // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2010. – T. 6. – № 3. – S. 3-16.
7. Beljuchenko I.S. K voprosu o mehanizmah upravlenija razvitiem slozhnyh kompostov // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2012. – T. 8. – № 3. – S. 88-113.
8. Beljuchenko I.S. Jekologicheskie problemy stepnoj zony Kubani, prichiny ih voznikovenija i puti reshenija // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. - 2011. – T. 7. – №3. – S. 47-64.
9. Beljuchenko I.S. K voprosu o formirovanii i svojstvah organo-mineral'nyh kompostov i reakcii rastenij kukuruzy na ih vnesenie // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2011. – T. 7. - № 4. – S. 65-74.
10. Beljuchenko I.S. Slozhnyj kompost i ego rol' v uluchshenii pochv // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2012. – T. 8. - № 2. – S. 75-86.
11. Beljuchenko I.S. Primenenie organicheskikh i mineral'nyh othodov dlja podgotovki slozhnyh kompostov s cel'ju povyshenija plodorodija pochv // Tr. / KubGAU. -Krasnodar, 2012. -№ 39. -S. 63-68.
12. Beljuchenko I.S. Dispersnye i kolloidnye sistemy othodov i ih koaguljacionnye svojstva // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. - 2013. - T. 9. - № 1. - S. 13-38.
13. Beljuchenko I.S. Primenenie organicheskikh i mineral'nyh othodov pri podgotovke slozhnyh kompostov dlja povyshenija plodorodija pochv // Tr. Mezhdunarodnoj Konferencii «Problemy rekul'tivacii othodov byta, promyshlennogo i sel'skohozjajstvennogo proizvodstva». - Krasnodar, 2013. - S. 26-30.
14. Beljuchenko I.S. Slozhnye komposty kak istochnik rasshirenija jekologicheskikh nish kul'turnyh rastenij v sisteme pochvennogo pokrova // Tr. Mezhdunarodnoj Konferencii «Problemy rekul'tivacii othodov byta, promyshlennogo i sel'skohozjajstvennogo proizvodstva». – Krasnodar, 2013. – S. 12-14.
15. Voznjakovskaja Ju.M., Popova Zh.P., Petrova L.G. Sideral'nye udobrenija – reguljatory pochvenno-mikrobiologicheskikh processov v uslovijah pochvoutomlenija // Dokl. VASHNIL. – 1988. – № 2. – S. 6-9.
16. Voloshina G.V. Vlijanie fosfogipsa na mikrobocenoz pod posevami kukuruzy // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2011. – T. 7. – № 4. – S. 59-64.
17. Voloshina G.V. Vlijanie fosfogipsa na razvitie aktinomicetnogo kompleksa chernozema obyknovenogo // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2010. – T. 6. – № 2. – S. 83-87.
18. Dobrovolskij G.V., Nikitin E.D. Sohranenie pochv kak nezame-nimogo komponenta biosfery. – M.: Nauka, 2000. – 185 s.
19. Kurakov A.V., Beljuchenko I.S. Mikroskopicheskie griby pochvy, rizosfery i rizoplany hlochatnika i tropicheskikh zlakov, introducirovannyh na juge Tadzhikistana // Mikrobiologija. – 1994. – Vyp. 6. – S. 97–104.
20. Kurakov A.V., Beljuchenko I.S. Mikrobiota fillosfery zlakov tropicheskogo proishozhdenija na juge Tadzhikistana // Izv. AN Tadzh. SSR. Otd.biol. nauk.nauk. – 1990, № 2. – S. 19-27.
21. Kurakov A.V., Beljuchenko I.S. Mikroskopicheskie griby past-bishhnyh i hlopkovyh agrocenozov Juzhnogo Tadzhikistana / Bjul. MOIP, Otd. biol. nauk. – 1990. – T. 95. - Vyp. 2. – S. 44-56.
22. Mel'nik O.A. Vlijanie vnesenija othodov sel'skohozjajstvennyh i promyshlennyh proizvodstv na sodержanie v pochve organicheskogo veshhestva // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2010. – T. 6. - № 1. – S. 40-44.
23. Smagin A.V. Modelirovanie estestvennoj i antropogennoj dinamiki chernozemov // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2009. – T.5. – № 4. – S. 5-16.
24. Smagin A.V., Sadovnikova N.B. Nauchno-jeksperimental'noe obosnovanie primenija sil'nonabuhajushhijh polimernyh gidrogelej v tehnologijah rekul'tivacii legkijh pochv // I

Vserossijskaja nauchnaja Konferencija «Problemy rekul'tivacii othodov byta, promyshlennogo i sel'skohozjajstvennogo proizvodstva». – Krasnodar, 2009. – S. 20-283.

25. Belyuchenko I.S. Wastes of different production and their properties'in // Cien-cia e Tecnica Vitivinicola. - 2014. - Vol. 29. - № 9, - P. 37-50.